

STUDI EFEK MAGNETO OPTIS PADA LAPISAN TIPIS (ZnO) MENGGUNAKAN INTERFEROMETER MICHELSON

Muhamad Adi¹, Wahyu Setia Budi², K. Sofjan Firdausi²

1. Mahasiswa Universitas Diponegoro, 2. Dosen dan Peneliti di Jurusan Fisika Universitas Diponegoro

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang perubahan indeks bias lapisan tipis sebagai akibat dari pengaruh medan magnet dengan menggunakan Interferometer Michelson.

Bahan yang digunakan adalah kaca preparat dengan ketebalan 1 mm dan lapisan tipis ZnO (Zincite). Medan magnet luar yang diberikan pada bahan transparan mencapai orde 184,95 mT pada kumparan yang sekitarnya telah diberikan suatu *soft magnet* dan dibangkitkan dengan mengalirkan arus bolak-balik. Untuk mengetahui perubahan indeks bias yang terjadi dilakukan dengan menghitung perubahan frinji. Sinar laser yang digunakan adalah sinar laser He-Ne dengan $\lambda = 632,8$ nm dan daya keluaran 1 mW.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa setelah bahan transparan mendapat pengaruh medan magnet, maka terjadi perubahan indeks bias pada bahan tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan adanya penurunan kerapatan frinji setelah terpengaruh medan magnet luar. Semakin besar medan magnet yang diberikan akan semakin kecil kerapatan frinjinya.

Kata kunci: Interferometer Michelson, Optika Nonlinier, Indeks Bias dan Koefisien Linier Magneto-optis

ABSTRACT

The research about refractive index change in a flimsy coat cause by magnetic field have done by using Michelson Interferometer.

Transparent materials used flin glass with thick 1 mm and flimsy coat ZnO (Zincite). External Magnetic field which passed to the transparent materials reach the order of 184,95 mT in bobbin have been given by a soft magnet and awakened by conducting the alternating current. To know change of refractive index is that happened done by calculating change of frinji. Laser ray used by He-Ne laser with $\lambda = 632,8$ nm and output power of 1 mW.

From research result got that after transparent materials get influence of magnetic field, hence happened change of refractive index in the materials. This matter is shown with existence of degradation frinji pattern after affecting the external magnetic field. Ever greater of given magnetic field will smaller of frinji pattern.

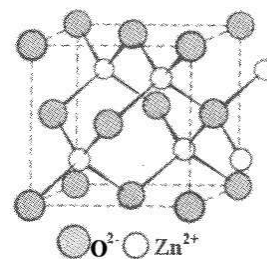
Keyword: Michelson Interferometer, Non-linear Optics, Refraction Index and Linear Magneto-optic Coefficients

PENDAHULUAN

ZnO (Zincite) merupakan zat padat berupa serbuk *heksagon/amorf* yang putih jika dingin, kuning jika panas, pahit dan tidak bau. Oksida *amfoter* ini sulit larut dalam alkohol/air, tapi larut dalam garam-garam ammonium, asam/basa dan tidak beracun. ZnO digunakan sebagai *reagen*, zat penetral, zat pelindung kulit, di pabrik-pabrik kosmetik dan sebagainya (Arsyad, 2001) [1].

ZnO merupakan kristal senyawa ionik terdiri atas kation-kation dan anion-anion yang tersusun secara teratur dan berulang (periodik). Pola susunan yang teratur dan berulang dari ion-ion yang

terdapat dalam suatu kristal menghasilkan kisi kristal dengan bentuk/stuktur yang tertentu. ZnO mempunyai kisi kristal dengan struktur *wurtzit* yang dapat dilihat pada gambar berikut ini (Effendy, 2004) [2]:



Gambar 1 Struktur kisi kristal ZnO (*wurtzit*)

Seng oksida adalah semikonduktor dengan energi gap yang besar. Film tipis dari oksida logam mempunyai banyak aplikasi, yaitu seperti *surface acoustic wave devices* (SAW), *bulk acoustic wave devices* (BAW), *acoustic-optic devices* (alat optik akustik), *micro-electromechanical systems* (MEMS), *band pass filters*, *optical waveguide* (penunjuk gelombang optik) dan deflektor laser menggunakan sifat piezoelektrik dan piezooptik (Eya, 2005) [3].

Dalam Studi penelitian awal tentang optika non linier (mempergunakan teknik Interferometer Michelson) telah dilakukan oleh Fahrurazi (efek magneto optis) dan Anis Nila Kusuma (efek elektro optis) [4-5]. Dalam penelitiannya didapatkan perubahan indeks bias yang disebabkan oleh kenaikan medan magnet / medan listrik yang diberikan pada bahan transparan.

Dalam penelitian ini, selain mengkaji perubahan indeks bias setelah dikenai medan magnet luar juga akan ditentukan nilai koefisien linear magneto optis dari bahan transparan. Bahan yang digunakan adalah lapisan tipis ZnO dan sebagai pembanding digunakan kaca preparat.

Respon non-linear pada suatu media seperti suseptibilitas, dielektrik, indeks bias, polarisabilitas dan lain-lain akan muncul bila suatu bahan dikenai cahaya dengan intensitas yang sangat kuat seperti laser daya tinggi, atau diletakkan dalam medan listrik atau medan magnet luar yang cukup besar (Hect, 1992 dan Pedrotti, 1993) [6-7].

Selain tingginya intensitas cahaya, ada hal lain yang dapat menyebabkan timbulnya efek nonlinier. Salah satunya yaitu pemberian medan listrik dan medan magnet luar pada bahan dalam orde yang cukup besar. Sehingga hal ini akan menyebabkan bahan mengalami perubahan sifat-sifat optis, salah satunya adalah indeks bias.

Dalam penelitian ini digunakan Interferometer Michelson untuk mengetahui perubahan indeks bias dari bahan yang diletakkan di dalam medan magnet B. Keunggulan Interferometer Michelson ini adalah dapat mendeteksi perubahan indeks bias yang sangat kecil melalui perubahan pola interferensinya.

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian ini dilakukan merujuk pada ref. [4] dengan sumber cahaya yang digunakan adalah sinar laser Helium Neon dengan panjang gelombang 632,8 nm. Langkah pertama yang dilakukan adalah persiapan sampel yaitu berupa kaca preparat dan kaca preparat dilapisi ZnO. Kemudian dilakukan pengoptimalan Interferometer Michelson dengan cara mengatur posisi Laser, *Beam Splitter*, kedua cermin dan lensa agar sinar laser yang melewati semua peralatan tersebut tepat segaris. Kemudian dicari pola interferensi dengan cara menggeser-geser salah satu cermin sampai dihasilkan pola gelap terang (frinji) pada layar.

Kumparan yang diberi *soft magnet* diletakkan pada salah satu lengan (bagian antara *Beam Splitter* dengan cermin datar). Kemudian kumparan dengan Slide Regulator dihubungkan untuk menyuplai arus bolak-balik (AC). Kumparan yang dialiri arus akan menghasilkan medan magnet yang akan berpengaruh terhadap perubahan jumlah frinji. Setelah itu tempat sampel dan sampel diletakkan ke dalam celah yang tedapat di dalam atau di sekitar kumparan.

Dalam penelitian ini digunakan Slide Regulator yang dapat divariasi tegangannya antara 0 – 240 volt sehingga besar medan magnet yang dihasilkan dapat divariasi. Kemudian menghitung besar medan magnet (B) yang ditimbulkan tiap kenaikan tegangan dengan menggunakan teslameter. Pengambilan data dilakukan dengan dua cara yaitu tanpa medan magnet luar dan dengan variasi medan magnet. Setelah itu dilakukan pengamatan terhadap perubahan pola-pola interferensi yang terjadi sebagai akibat dari adanya medan magnet yang diberikan pada bahan transparan. Hal ini dilakukan pada nilai tegangan tertentu yaitu antara 0 – 240 volt yang dapat menghasilkan medan magnet sebesar 0 mT sampai dengan 184,95 mT.

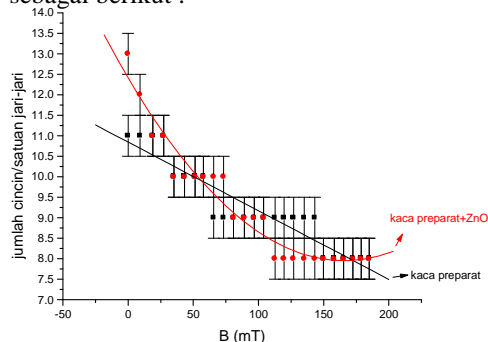
Dari penelitian ini dapat diketahui adanya perubahan fase antara kedua cahaya yang berinterferensi dengan melihat adanya perubahan / pengurangan jumlah cincin interferensi setelah dikenai medan magnet luar. Pengambilan data untuk jumlah cincin interferensi tiap satuan jari-jari dilakukan pada daerah 4,7 cm dari pusat frinji dan ralat

saat penghitungan jumlah cincin interferensi sebesar $\pm 0,5$. Data pengukuran perubahan jumlah cincin interferensi (Δm) karena pengaruh medan magnet (B) untuk ZnO diambil dari selisih Δm pada kaca preparat dilapisi ZnO dengan Δm pada kaca preparat dan ralat pengukuran sebesar ± 1 . Ketebalan lapisan tipis ZnO dapat diketahui dengan menggunakan alat Precision Interferometer, dengan mengetahui hubungan antara perubahan sudut datang laser yang mengenai bahan dengan jumlah cincin interferensi yang hilang (masuk atau keluar). Data yang diambil untuk lapisan tipis ZnO merupakan selisih dari pengambilan data untuk kaca preparat dan kaca preparat dilapisi ZnO, sehingga ada faktor koreksi untuk kaca preparat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hubungan Medan Magnet Luar dengan Kerapatan Frinji pada Bahan Transparan yang Diuji

Pada penelitian ini ingin diuji persamaan $\Delta n \propto B$ dengan menggunakan Interferometer Michelson, serta bagaimana tanggapan medium terhadap medan magnet luar untuk bahan transparan ZnO dan kaca preparat. Dari data hubungan antara medan magnet luar dengan kerapatan frinji pada bahan tersebut dihasilkan dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 1 Grafik hubungan antara medan magnet luar B terhadap kerapatan cincin interferensi pada kaca preparat, kaca preparat dilapisi ZnO.

Dari gambar (1) untuk bahan transparan kaca preparat dilapisi ZnO pada setiap penambahan medan magnet luar B , tingkat kecuraman grafik meningkat lebih besar bila dibandingkan dengan kaca preparat. Hal ini disebabkan karena untuk bahan transparan kaca preparat dilapisi

lapisan tipis ZnO mempunyai lintasan optik yang lebih lebar bila dibandingkan dengan kaca preparat. Selain itu di dalam ZnO terdapat ion-ion yang lebih elektrolit daripada kaca preparat.

Bahan transparan dengan tingkat keionikan yang tinggi, polarisasi yang terjadi akan semakin besar karena adanya ion-ion terdapat dalam bahan transparan yang turut andil dalam mempengaruhi besarnya polarisasi, sedangkan untuk bahan dengan tingkat keelektrolitan rendah dan nonelektrolit, polarisasi yang terjadi hanya dipengaruhi oleh sifat-sifat optis dari bahan.

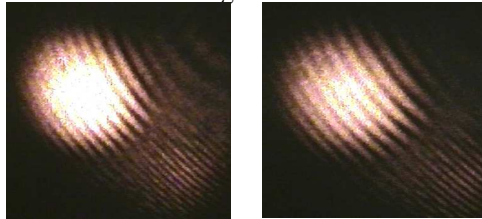
Dari grafik (1) dapat dilihat bahwa kerapatan frinji awal yang terbentuk setelah di salah satu lengan Interferometer Michelson diletakkan bahan transparan secara berurutan adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Kerapatan frinji awal untuk bahan transparan yang diuji

Bahan Transparan	Kerapatan Frinji awal
Kaca preparat	11
Kaca preparat dilapisi ZnO	13

Dari tabel (1) dapat diketahui bahwa kerapatan frinji awal untuk bahan transparan kaca preparat dilapisi ZnO lebih besar bila dibandingkan dengan kaca preparat. Konsentrasi yang semakin tinggi maka beda fase antara kedua cahaya yang saling berinterferensi semakin besar. Pengurangan jumlah frinji muncul karena adanya pengurangan beda fase antara kedua cahaya yang berinterferensi. Berkurangnya beda fase berkaitan dengan pengurangan beda lintasan optik. Di dalam penelitian ini konsentrasi yang diketahui dari bahan transparan yaitu dari kerapatan bahan, yang biasa disebut dengan massa jenis. Dimana massa jenis dari bahan ZnO lebih besar bila dibandingkan dengan kaca preparat, sehingga bahan yang mempunyai massa jenis lebih besar (ZnO) akan mempunyai beda fase yang lebih besar. Selain itu kaca preparat dilapisi ZnO mempunyai lintasan optik yang lebih lebar bila dibandingkan dengan kaca preparat tanpa lapisan ZnO. Hal ini berakibat pada peningkatan beda fase yang berimbas pada peningkatan jumlah frinji pada kaca preparat berlapis ZnO. Dalam penentuan tebal lapisan tipis ZnO dengan menggunakan Precision Interferometer diperoleh bahwa ketebalan lapisan tipis ZnO adalah $5,4 \times 10^{-5}$ m.

Berikut ini merupakan gambar dari pola-pola interferensi (frinji) untuk kaca preparat yang diambil pada dua kondisi yang berbeda adalah sebagai berikut :



(a) (b)

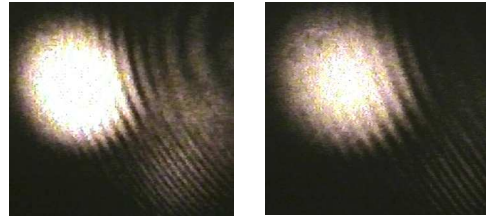
Gambar 2 Pola frinji untuk Kaca Preparat (a) tanpa medan magnet luar (b) pada medan magnet 184,95 mT

Dari kedua gambar di atas dapat dilihat bahwa untuk kondisi medan magnet yang berbeda bentuk cincin juga mengalami perubahan. Perbedaan tersebut dapat diamati pada tebal frinji dan jarak antara terang satu dengan terang yang lain. Pada Gambar 2 (a) di atas, jarak antara terang frinji yang satu dengan yang lain sangat rapat. Sedangkan pada Gambar 2 (b) yaitu ketika bahan transparan berada pada medan magnet sebesar 184,95 mT, jarak antara terang frinji yang satu dengan terang frinji yang lain lebih lebar apabila dibandingkan dengan kondisi pada saat tidak terdapat medan magnet. Hal ini menandakan bahwa semakin lebar jarak antar terang frinji yang satu dengan yang lain maka beda fase yang terjadi akan semakin berkurang, sehingga cincin interferensi akan mengembang ke luar, jaraknya semakin melebar dan rapat frinjinnya mengalami pengurangan. Hal ini disebabkan karena pada saat medan magnet bekerja ion-ion pada kaca preparat akan terkutub, sehingga kondisi ini akan menyebabkan kedua cahaya yang saling berinterferensi akan lebih sefase. Sesuai dengan yang diungkapkan pada dasar teori bahwa apabila cahaya semakin sefase, maka beda lintasan optisnya akan semakin kecil. Dan sebagai akibatnya kerapatan frinji akan berkurang dan jarak antar frinji semakin melebar.

Sama halnya dengan gambar 2 bahwa untuk kondisi medan magnet yang berbeda pada kaca preparat dilapisi ZnO bentuk frinji juga mengalami perubahan, gambar 3 (a) dan (b) menunjukkan bahwa semakin besar B maka semakin lebar jarak antar terang frinji yang satu dengan yang lain. Hal ini menyebabkan beda fase yang terjadi akan

semakin berkurang, sehingga cincin interferensi akan mengembang ke luar.

Berikut ini merupakan gambar dari pola-pola interferensi (frinji) untuk kaca preparat dilapisi ZnO yang diambil pada dua kondisi yang berbeda adalah sebagai berikut



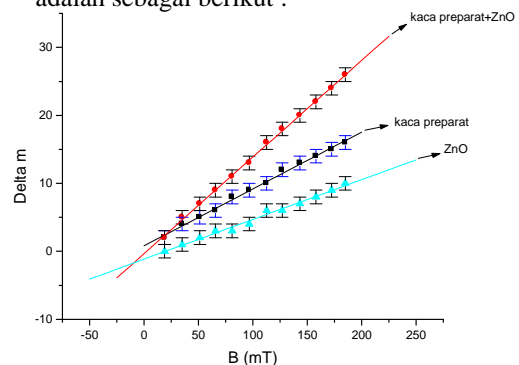
(a) (b)

Gambar 3 Pola frinji untuk Kaca Preparat dilapisi ZnO (a) tanpa medan magnet luar (b) pada medan magnet 184,95 mT

2. Nilai Koefisien Linier Magneto-Optis dari Kaca Preparat dan Lapisan Tipis ZnO

Efek magneto optik terjadi jika medium isotropi diletakkan di daerah medan magnet yang kuat. Pemberian medan listrik luar/medan magnet luar terhadap bahan transparan akan mengakibatkan perpindahan dan deformasi dalam distribusi elektron dalam ion. Jika momen dipol terbentuk dan meningkat sesuai dengan meningkatnya medan listrik/medan magnet maka akan terjadi gejala polarisasi.

Untuk menentukan nilai koefisien linier magneto optis dari bahan transparan diperlukan grafik hubungan Δm dengan B . Adapun grafik dari data percobaan tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4 Grafik hubungan antara medan magnet luar B terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm) pada bahan transparan.

Dari grafik 4 diperoleh gradien dari persamaan $\Delta m = \frac{cn_0^3 t}{\lambda} B$ yang merupakan faktor pendukung untuk menentukan

besarnya nilai koefisien linier magneto optis (r) yaitu :

Tabel 2 Nilai gradien dan r untuk bahan transparan yang diuji

Bahan transparan	gradien (1/T)	Tebal (m)	n_0	r (m/V)	(m/V)
Kaca preparat	83,7	$1,0 \times 10^{-3}$	1,47	$0,82 \times 10^{-10}$	$0,01 \times 10^{-10}$
ZnO	58,6	$5,4 \times 10^{-5}$	2,01	$5,67 \times 10^{-10}$	$0,09 \times 10^{-10}$

Dari hasil perhitungan nilai r , dapat diketahui bahwa nilai koefisien linier magneto optis untuk bahan transparan ZnO lebih besar bila dibandingkan dengan kaca preparat. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kenonlinieran dari bahan ZnO lebih tinggi dari pada kaca preparat, sehingga respon medium dalam ZnO lebih cepat / tinggi dari pada respon medium di dalam kaca preparat. Besarnya nilai koefisien linier magneto optis untuk kaca preparat yang diperoleh pada penelitian Fahrurazi adalah $1,48 \times 10^{-10}$ m/V.

Untuk lapisan tipis ZnO diperoleh nilai koefisien linier magneto optis yang lebih besar dari pada kaca preparat. Hal ini disebabkan oleh kerapatan dan tingkat keionikan ZnO yang lebih besar daripada kaca preparat. Kerapatan dan keionikan bahan akan berpengaruh pada jumlah molekul pada bahan transparan yang diuji. Semakin tinggi kerapatan dan keionikan bahan maka semakin banyak dipol-dipol listrik yang terdapat di dalam bahan transparan. Jika diberikan medan magnet yang besar maka semakin banyak pula sel-sel molekul yang bersifat dwikutub dan membuat dimensi molekul semakin besar. Apabila dimensi semakin besar maka sudut polarisasi juga semakin besar karena struktur yang dilewati gelombang elektromagnetik / laser pada bahan transparan akan menjadi lebar.

KESIMPULAN DAN SARAN

1 Kesimpulan

1. Pemberian medan magnet luar yang semakin besar kepada lapisan tipis ZnO menyebabkan indeks bias dari bahan mengalami perubahan secara linier terhadap B.

2. Nilai koefisien linier magneto optis pada lapisan tipis ZnO diperoleh pada penelitian ini sebesar $r = (5,67 \pm 0,09) 10^{-10}$ m/V

2 Saran

1. Daya keluaran dari Laser He-Ne pada Interferometer Michelson perlu diperbesar agar pola-pola interferensi yang terbentuk lebih tajam.
2. Memperbanyak variasi sampel, terutama untuk bahan transparan yang berupa lapisan tipis dan juga bahan-bahan alamiah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arsyad, M Natsir. 2001. *Kamus Kimia Arti dan Penjelasan Ilmiah*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Effendy. 2004. *Ikatan Ionik dan Cacat-Cacat Pada Kristal Ionik*. Malang : Bayumedia Publishing..
- [3] Eya, D.D.O, A.J. Ekpunobi, and C.E. Okeke. 2005. *Structural and Optical Properties and Applications of Zinc Oxide Thin Films Prepared by Chemical Bath Deposition Technique*. Pacific Journal of Science and Technology.
- [4] Fahrurazi, 2005. *Pengaruh Perubahan Indeks Bias Bahan Transparan Oleh Medan Magnet Menggunakan Interferometer Michelson*. Skripsi S1. Undip Semarang.
- [5] Hecht, Eugene. 1992. *Optic*. 2nd ed.. Addison Wesley.
- [6] Kusuma, Anis Nila. 2005. *Pengamatan Efek Pockel Menggunakan Interferometer Michelson*. Skripsi S1. Undip Semarang.
- [7] Pedrotti, Frank L and Leno, S. Pedrotti. 1993. *Introduction to Optics*, 2nd ed. Prentice Hall. New Jersey.

